

Desenvolvimento de mudas de feijoa (*Acca sellowiana*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em diferentes doses de fósforo

Nickolas Santos Mendes^{(1)*}; Paulo Emílio Lovato⁽²⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾ Professor Titular, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

*E-mail: nickolasmendes@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de fungo micorrízico arbuscular (FMA) no desenvolvimento de mudas de feijoa em substrato com diferentes doses de fósforo. Um experimento em casa de vegetação foi conduzido em esquema fatorial 4x4 com o fator inoculante (sem inóculo ou inoculado com *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora albida*, ou *Rizophagus clarus*) e doses de fósforo (0, 50, 100 e 150 mg.kg⁻¹) com cinco repetições por tratamento. Após 90 dias, avaliaram-se altura, massa seca de raiz e parte aérea, acúmulo de fósforo na parte aérea, colonização micorrízica e índice de qualidade de Dickson (IQD). A aplicação de fósforo aumentou a altura das mudas e reduziu a colonização micorrízica. Mudas inoculadas com *G. albida* e *A. morrowiae* apresentaram comportamento similar, com maior produção de biomassa que plantas não inoculadas ou inoculadas com *R. Clarus*. O conteúdo de fósforo foi maior nas mudas inoculadas com *G. albida* quando comparada com o controle e *A. morrowiae* ficou entre os dois. A maior taxa de colonização micorrízica estava associada com *G. albida* e a menor com *R. clarus*. Todas as mudas inoculadas apresentaram maior IQD que as não inoculadas. Mudas de feijoa respondem à aplicação de fósforo e *G. albida* apresentou maior eficiência no desenvolvimento e qualidade das mudas, principalmente sob baixas doses de fósforo, enquanto *R. clarus* foi similar ao controle.

Palavras-chave: mudas, inóculo, eficiência micorrízica

Response of feijoa (*Acca sellowiana*) to different arbuscular mycorrhizal fungi under varying phosphorus levels

Abstract

The aim of this research was to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on the development of feijoa (pineapple guava) seedlings in a substrate with varying phosphorus levels. A greenhouse experiment was carried out in a 4x4 factorial design with inoculation treatments (uninoculated or inoculated with *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora albida*, or *Rizophagus clarus*) and phosphorus doses (0, 50, 100, and 150 mg.kg⁻¹) with five replicates per treatment. After 90 days, seedling height and dry matter were evaluated, as well as shoot P content, root mycorrhizal colonization, and Dickson's seedling quality index (QID). Phosphorous application increased seedling height and decreased AMF colonization. Seedlings inoculated with *G. albida* or *A. morrowiae* presented similar behavior, with higher biomass than uninoculated or *R. clarus* inoculated plants. Phosphorous content was higher in *G. albida* inoculated seedlings, as compared to control plants, with the other fungi in an intermediate position. The highest root colonization rates were associated with *G. albida* and the lowest with *R. clarus*. All AMF inoculated seedlings had higher quality Index (QID) than uninoculated ones. Feijoa seedlings respond to phosphorus application, and *G. albida* showed the highest efficiency in promoting plant growth and seedling quality, especially under low phosphorous level, while *R. clarus* was very similar to the uninoculated control.

Key words: seedling, inoculum, mycorrhizal efficiency

Introdução

As micorrizas são associações entre raízes de plantas e determinados fungos do solo, presentes em mais de 90% das famílias vegetais e dispersa por todo o planeta. A relação de simbiose que estabelece uma dependência fisiológica recíproca entre planta e fungo (SCHÜBLER et al., 2001) dá uma contribuição substancial para a biomassa do solo, com hifas que se estendem por vários centímetros, aumentando significativamente a quantidade absorvida de fosfato e outros nutrientes essenciais para as plantas (RAVEN et al., 1996) As micorrizas podem ser divididas em três grupos principais: as endomicorrizas, ectomicorrizas e ectoendomicorrizas (SOUZA et al., 2006; GUERRERO et al., 1996).

As endomicorrizas incluem as associações entre as raízes de plantas e fungos micorrízicos arbusculares (FMA). As hifas do fungo penetram nas células das raízes da planta, mais precisamente no córtex, com desenvolvimento intracelular e estabelecendo a colonização das raízes. Pequenas estruturas são formadas após a colonização e são chamadas de arbúsculos e vesículas. Os arbúsculos envoltos em invaginações do plasmalema são os principais locais de troca de metabólitos e são, do ponto de vista fisiológico, as principais estruturas da simbiose, enquanto as vesículas são corpos globosos, inter ou intracelulares, com tamanho de 30 a 100 μ m, ricas em lipídeos, provavelmente atuando como órgãos de reserva (BONFANTE-FASOLO., 1984).

De acordo com recentes classificações taxonômicas (REDECKER et al., 2013), a capacidade de formar micorriza arbuscular é restrita a fungos pertencentes ao filo Glomeromycota, que tem as ordens Glomerales, Diversisporales, Archaeosporales e Paraglomerales, com nove famílias distribuídas em dezoito gêneros (INVAM, 2017).

Nas associações micorrízicas ocorre estreita interação entre os parceiros, com uma complexa integração morfológica e fisiológica, que resulta em uma alta compatibilidade funcional (FOLLI-PEREIRA et al., 2012) com efeitos marcantes sobre as plantas. Isso se dá por melhoria nutricional, especialmente quanto ao fósforo (P), tolerância a estresse abiótico, favorecimento das relações hídricas e efeitos fisiológicos. Decorre disso favorecimento de processos reabilitadores, como o estabelecimento da vegetação, o aumento da produção de material orgânico, do acúmulo de nutrientes na fitomassa e da produção de raízes (COLODETE et al., 2014). O fungo, por sua vez, é beneficiado pelos fotoassimilados das plantas, que permitem o completo ciclo de vida dos FMAs, que só ocorre quando em associação com a planta hospedeira (SMITH & READ., 2008).

A utilização do FMA adquire grande importância nas culturas estabelecidas por mudas, situação em que muitas vezes se utilizam substratos estéreis ou com baixa fertilidade e busca-se produção de plantas vigorosas e homogêneas, para serem comercializadas ou introduzidas no campo. Em tais condições as micorrizas arbusculares podem contribuir para a utilização de menor quantidade de fertilizantes, além da possibilidade de promover maior desenvolvimento e melhor nutrição das plantas, encurtando a época de transplante e aumentando a sobrevivência das mudas no campo (SAGGIN JUNIOR & SIQUEIRA., 1996). O uso de inoculantes eficientes

permite também reduzir o uso de fertilizantes e corretivos adicionados aos substratos (MIRANDA., 2005), diminuindo o custo da produção de mudas.

Nesse contexto se inclui a tecnologia de produção de mudas frutícolas, que se relaciona diretamente a investimentos de alto custo, incluindo infraestrutura, condições ambientais controladas, além de sementes de boa qualidade (FARIAS et al., 2012). Tem se demonstrado que a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares no sistema de produção de mudas de diversas fruteiras representa grande potencial para o desenvolvimento de um cultivo racional, eficiente e de qualidade (NASCIMENTO et al., 2013; PEREIRA et al., 2013; DE MELLO et al., 2016; FARIAS et al., 2014).

Embora essa simbiose seja muitas vezes considerada mutualista, pois há troca benéfica entre os FMAs e a planta, o efeito líquido sobre a aptidão da planta pode variar de mutualista a parasitário, dependendo das condições ecológicas e combinações fungo-planta (KIERS & VAN DER HEIJDEN., 2006). Em geral, a disponibilidade de fósforo dos solos é determinante e modula os efeitos benéficos proporcionados pelo fungo às plantas. Este fato torna importante o conhecimento do nível ideal de P para maximização dos benefícios dessa associação (SOUSA., 2014).

A goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), também conhecida como feijoa ou goiabeira-do-mato, é uma frutífera nativa da América do Sul, mais precisamente do planalto meridional brasileiro (DUCROQUET et al., 2000). O fruto da *Acca sellowiana* recebeu o nome de goiabeira-serrana por sua forma ser semelhante ao da goiaba comum, que pertence a outro gênero (*Psidium guajava* L), mantendo as semelhanças apenas nas propriedades físicas exteriores dos frutos. Além de ser importante para recuperação de áreas degradadas, também é utilizada para produção de frutos que são consumidos tanto *in natura*, quanto na forma de sucos, doces e geleias (MORETTO., 2014).

Essa espécie foi introduzida e aclimatada em países fora da sua área natural de ocorrência, sendo encontrada na França, Itália, Rússia, Nova Zelândia, nos Estados Unidos, em Israel e na Colômbia. Como exemplo de locais externos que utilizam o potencial da fruta, pode-se citar a Nova Zelândia, onde existem pelo menos treze produtos derivados da feijoa, como geleias, sorvetes, espumantes, sucos puros e molho (MORETTO., 2014).

A goiabeira serrana, embora seja uma espécie oriunda de regiões em que predominam solos ácidos e com baixa disponibilidade de fósforo, é uma espécie muito exigente neste elemento, pelo menos na fase inicial de crescimento (NACHTIGAL et al., 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de FMAs e diferentes doses de fósforo no desenvolvimento de mudas de feijoa.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis por um período de 90 dias, entre 9 de fevereiro e 9 de maio de 2017. O delineamento experimental foi em esquema fatorial (4x4) inteiramente casualizado. O primeiro fator contou com três espécies de fungos (*Acaulospora morrowiae* Spain & N.C. Schenck (1984), *Gigaspora albidia* Schenck & Smith (1982) e *Rizophagus clarus* Nicol. & Schenck (1979) e um controle sem fungo), e o segundo fator foi composto por quatro doses de fósforo adicionado ao solo (0, 50, 100 e 150 ppm) e com cinco repetições por tratamento, totalizando 80 unidades experimentais.

Foi utilizada uma mistura de argila, areia e substrato comercial para plantas, a base de casca de pinus, turfa e vermiculita expandida (proporção 30%-50%-20%, respectivamente). O substrato foi autoclavado duas vezes por uma hora a 121 °C em dois dias seguidos. A análise do substrato foi feita pelo Laboratório de Solos do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar - Cepaf/Epagri e indicou as seguintes características: pH-água= 5,1; P em Mehlich = 59,1 mg dm⁻³; K em Mehlich = 160,0 mg dm⁻³; Ca, Mg e Al em KCl iguais a 10,1, 5,5 e 0,5 cmolc/dm⁻³, respectivamente. O substrato recebeu aplicação de P, nas concentrações especificadas para cada tratamento, na forma de superfosfato triplo moído para melhor homogeneização. Após esterilização e repouso por um dia, o substrato foi colocado em tubetes de polipropileno previamente autoclavados com capacidade de 300 dm³ de substrato.

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes de feijoa provenientes de frutos da variedade SCS412 Helena. As sementes passaram por um procedimento de desinfecção com uma pré-lavagem em água destilada e permaneceram de molho em

solução Tween (20%) por 30 segundos. Em seguida as sementes foram lavadas em água destilada com a ajuda de uma peneira e depois ficaram de molho em hipoclorito (1%) por 1 minuto. Por fim foi feita uma tripla lavagem em água destilada e foram colocadas em papel filtro umedecido dentro de duas caixas gerbox. As caixas gerbox contendo 100 sementes foram colocadas em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 horas de luz e temperatura controlada em $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, a fim de obter uma germinação homogênea e livre de contaminação.

Após 15 dias duas plântulas com aproximadamente 1,5 cm de altura, foram transplantadas para cada tubete, com desbaste após cinco dias para deixar uma muda por tubete. Imediatamente antes do transplante, procedeu-se à adição dos inóculos de FMA (150 esporos/ tubete), na região central do substrato. O inóculo foi constituído de raízes e solo rizosférico de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), espécie vegetal utilizada para multiplicar cada uma das espécies de FMA. As espécies de FMA testadas foram obtidas da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota – CICG, localizada na Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, SC.

A irrigação foi realizada diariamente com pulverizador manual, e a cada 15 dias a altura, do colo até o ápice da haste principal, foi medida com régua milimetrada. As mudas também foram realocadas em ordem aleatória semanalmente a fim de evitar interferência de diferenças na intensidade de luz sobre o desenvolvimento das mudas. Aos 90 dias após o transplante, foi feita a última medição de altura das mudas e as plantas foram coletadas, separando-se o sistema radicular da parte aérea para avaliação dos seguintes parâmetros: matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), acúmulo de P na parte aérea, colonização micorrízica e índice de qualidade de mudas (Dickson et al., 1960).

Colonização micorrízica

Após lavagem com água de torneira, subamostras de 2 a 4 centímetros de comprimento das raízes foram coletadas, pesadas e conservadas a 4°C em álcool etílico 50% (v/v), para posterior coloração das raízes (Koske e Gemma., 1989). A colonização micorrízica foi feita por microscopia óptica (McGonigle et al., 1990) e a porcentagem de raízes colonizadas foi obtida através da relação: número de segmentos colonizados/total analisado.

MSPA e MSR

As partes aéreas e as raízes foram colocadas em estufa (65°C) com circulação forçada de ar, até atingirem massa constante. Mediu-se massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Com esses resultados, foi possível calcular o índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da seguinte equação:

$$IQD = \frac{MST(g)}{(H(cm)/DC(mm)) + MSPA(g)/MSR(g)}$$

Em que IQD= Índice de qualidade de Dickson; MST = Massa seca total (g); H = Altura (cm); DC= Diâmetro do coleto (mm); MSPA = Massa seca da parte aérea (g); MSR = Massa seca da raiz (g).

Teor de fósforo na parte aérea

As folhas secas foram moídas e submetidas a digestão sulfúrica para determinação de P na MSPA . O teor de fósforo foi determinado por espectrofotometria, pelo método de molibdato de amônio, seguindo o procedimento descrito em Tedesco et al. (1995).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Utilizou-se o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO., 2006) e os gráficos foram gerados com o software SigmaPlot versão 12.5.

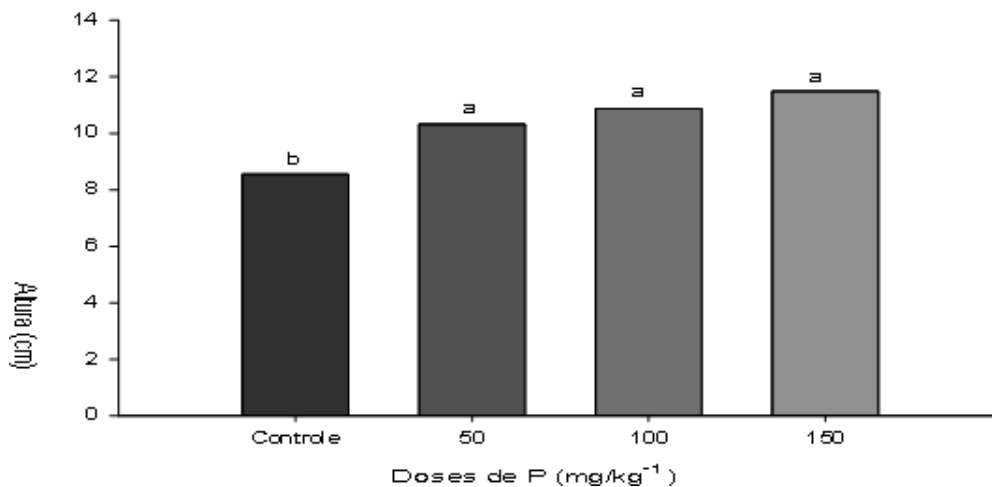
Resultados e discussão

Os dois fatores aplicados, doses de fósforo e inoculação micorrízica, afetaram o crescimento e qualidade das mudas de feijoa. Houve interação significativa entre os efeitos de FMAs e doses de fósforo sobre a massa seca total das mudas (MST) e sobre o índice de qualidade de Dickson (IQD). *A. morrowiae* e *G. albida* tiveram pouca

diferença entre si, enquanto as mudas inoculadas com *R. clarus* apresentaram crescimento e qualidade similares ao controle sem inoculação. Com relação à altura das mudas, o acúmulo de fósforo na parte aérea e a colonização micorrízica, a interação entre os fatores não foi significativa. Dentre as espécies de FMAs, *G. albida* apresentou maior eficiência do que os demais, inclusive o controle, principalmente nas doses mais baixas de fósforo adicionado.

As mudas em substrato sem fósforo foram menores que aquelas nos tubetes com as demais doses (Figura 1). Este resultado, já esperado, corrobora os resultados encontrados no trabalho de Nachtigal et al (1994) com feijoa. Esses autores, usando as mesmas doses de fósforo utilizadas no presente estudo, constataram a alta exigência da planta por esse nutriente para o estágio inicial de desenvolvimento. No mesmo trabalho, os autores obtiveram mudas com 30 cm de altura sob dose de 100 ppm de P após 90 dias enquanto no presente estudo as mudas sob a mesma dose obtiveram média de 11 cm. Esta diferença entre alturas pode ser atribuída ao volume dos tubetes, de 300 dm³, que impediu a formação completa do sistema radicular, e conseqüentemente limitou o desenvolvimento da parte aérea das mudas.

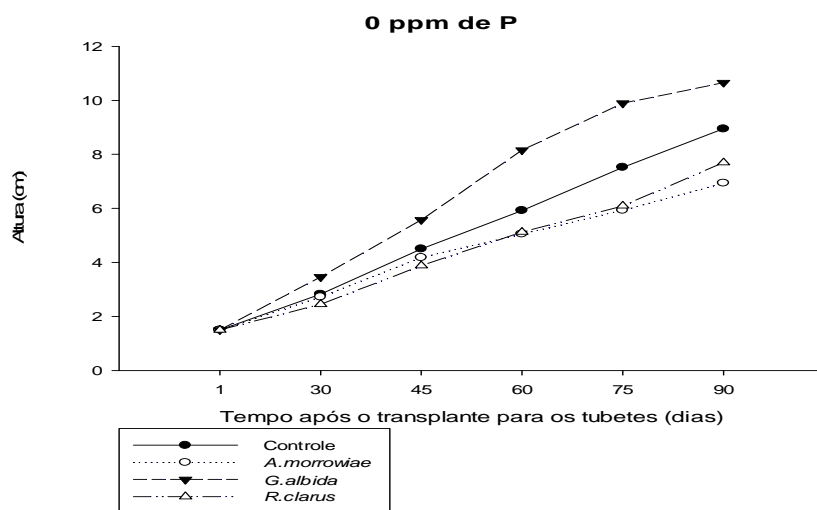
Figura 1. Altura das mudas de feijoa sob diferentes doses de P após 90 dias em casa de vegetação.



Durante a formação e desenvolvimento das mudas, as plantas inoculadas com *G. albida* foram consistentemente mais altas que as plantas dos demais tratamentos, que tinham tamanho mais próximo das plantas do tratamento sem inoculação (Figura 2). Esta diferença ficou mais evidente a partir dos 60 dias de idade. Apesar do efeito ao longo do tempo, não houve diferença significativa na altura final das plantas com ou

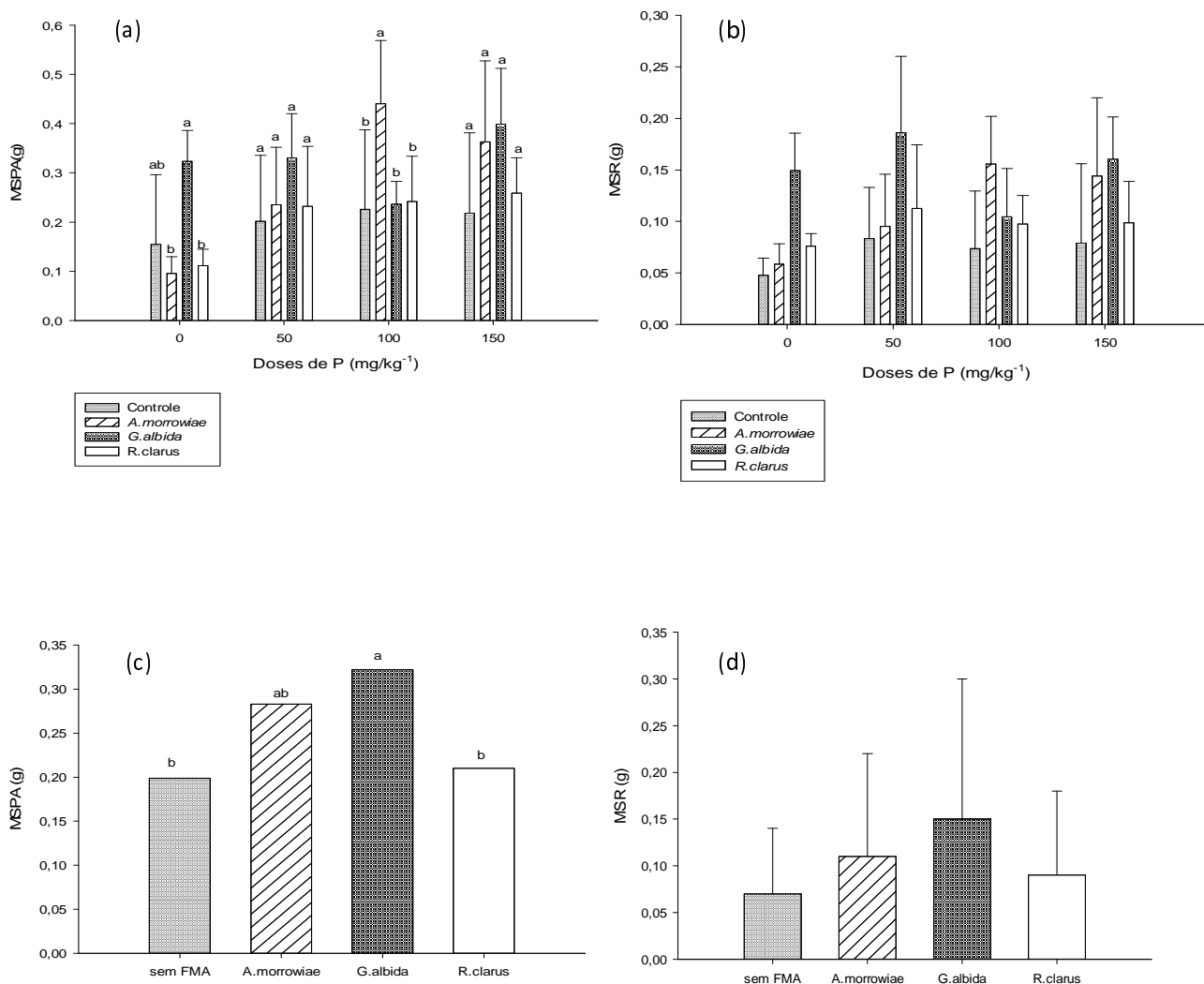
sem FMA. Este resultado foi similar ao obtido nos trabalhos de Silveira (2007) e de Machineski et al. (2009), nos quais a diferença na altura de mudas inoculadas com FMAs e não inoculadas não foi significativa até os 90 dias de idade. De acordo com Silveira (1992), nos estágios iniciais da infecção micorrízica, o fungo pode estar se comportando como parasita, pela competição entre a planta e o fungo por fotossintatos. Estudos que avaliaram a altura de mudas inoculadas com FMAs aos 120 dias de idade obtiveram resultados com diferenças significativas nesta variável (Machineski et al., 2009; Farias et al., 2014; E. Y. Chu et al., 2001), indicando que o período de condução do experimento se relaciona com a ação do fungo na planta e pode influenciar na eficácia do FMA para esta variável.

Figura 2. Altura das mudas de feijoa inoculadas com diferentes FMAs em casa de vegetação, em substrato sem adição de fósforo.



No geral, as mudas inoculadas com *G. albida* apresentaram maior matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) (Figura 3). A exceção foi nos tratamentos com dose de 100 ppm de fósforo, em que a combinação com *A. morrowiae* apresentou maior biomassa. O uso de *G. albida* mostrou maiores efeitos sobre o incremento de biomassa nas mudas, principalmente quando em baixas doses de fósforo, demonstrando alta eficiência para esta variável.

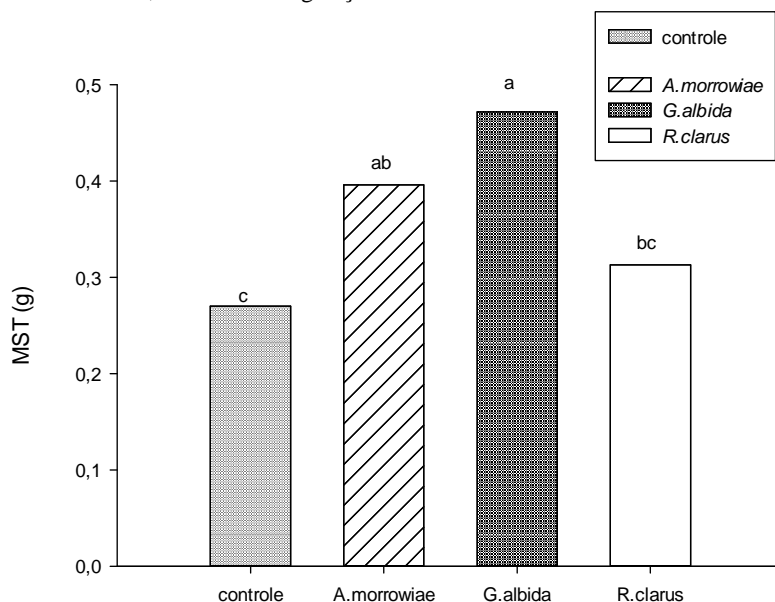
Figura 3. Matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de mudas de feijoa inoculadas com diferentes FMAs sob diferentes doses de fósforo (a,b) e comparação entre plantas inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (c,d).



O incremento na MSR foi proporcional àquele da MSPA, com uma clara diferença entre as plantas micorrizadas e não inoculadas. Houve um incremento de 72% na MSR das mudas inoculadas com *G. albida* em comparação com o controle quando em dose zero de fósforo (Figura 3b). O aumento de matéria seca de raízes pode favorecer a aclimação e sobrevivência das mudas em ambiente estressante (Carneiro et al., 2007). Além disso, plantas micorrizadas aumentam sua resistência a estresse hídrico e melhoram seu estado nutricional devido o aumento das raízes em quantidade, comprimento e profundidade (Augé., 2001).

A matéria seca total (MST) das mudas inoculadas com *G. albida* apresentou aumento de 16% em comparação com *A. morrowiae*, de 34% quando comparadas com *R. clarus* e de 43% em relação ao controle (Figura 4). Os efeitos benéficos do uso de *Gigaspora* como inóculo em mudas cultivadas foi relatado para outras plantas, como o maracujazeiro amarelo, ao qual *G. albida* e *G. margarita* promoveram maior incremento de biomassa seca das plantas (Cavalcante et al., 2002). Costa et al (2005) também demonstraram que *G. albida* contribuiu para o incremento da MST em mudas de mangueira. Segundo Silva et al. (2004), os FMAs também têm a capacidade de aumentar a taxa fotossintética da planta através do incremento da matéria seca da parte aérea. Tal aumento é muito relevante quando se trata de frutíferas que demandam um aporte energético elevado para a produção de frutos de qualidade, mas os benefícios também são importantes nos estágios iniciais do crescimento da planta, com vista a diminuir o tempo até o início de produção.

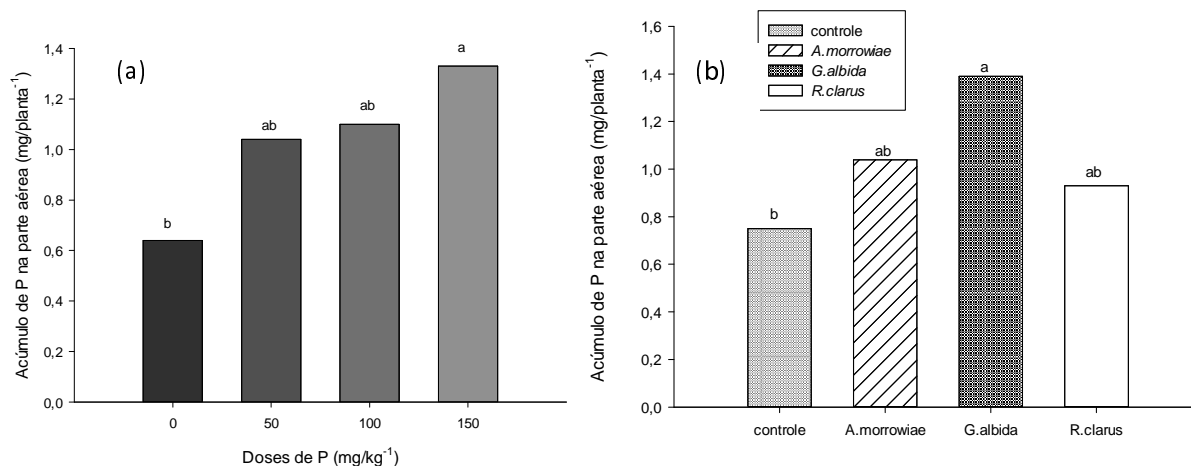
Figura 4. Massa seca total (MST) de mudas de feijoa inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares, em casa de vegetação.



O acúmulo de P na parte aérea aumentou em função do acréscimo de fosfato no substrato. As menores quantidades de fósforo na parte aérea foram observadas nas mudas com dose zero e as maiores nas mudas com dose de 150ppm (Figura 5a). No trabalho de Gonçalves et al (2013), em que doses crescentes de macronutrientes foram aplicadas em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) houve um aumento no teor de P da parte aérea à medida que a disponibilidade desses nutrientes aumentava no solo.

As plantas micorrizadas com *G. albida* tiveram maiores teores de P acumulado do que o controle, com um incremento de 46% de P na parte aérea enquanto *A. morrowiae* e *R. clarus* não se diferenciaram entre si e foram iguais à *G. albida* e ao controle (Figura 5b).

Figura 5. Fósforo (P) acumulado na parte aérea de mudas de feijoa sob diferentes doses de P (a). P acumulado na parte aérea de mudas de feijoa inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (b).



Mesmo em substrato com elevado teor de P, ficou evidente que os FMAs contribuíram para um maior acúmulo deste macronutriente na parte aérea das mudas. Os resultados obtidos se correlacionam diretamente às taxas de colonização micorrízica que foram maiores nas mudas com *G. albida* que naquelas com *A. morrowiae*, e estas tiveram maior colonização que plantas inoculadas com *R. clarus*. A absorção de P pelas plantas foi maior em mudas inoculadas em consequência da ação dos FMAs e de sua capacidade de aumentar, em mais de cem vezes, a área de exploração do solo pelas hifas extrarradiculares (Balota., apud Bolan 1991). No estudo feito por Samarão e Martins (1999) em cultivo de mudas de goiaba com FMAs, observou-se aumento significativo nos teores de P da parte aérea quando comparado ao controle, assim como no trabalho de Martins et al, (2000) feito com mudas de mamão.

A maior taxa de colonização radicular foi observada em mudas inoculadas com *G. albida* (36%), seguido por *A. morrowiae* (24%) e por último *R. clarus* (4%) (Figura 6). Este efeito diferencial entre FMAs ocorre porque as espécies diferem em sua

capacidade de infectar, colonizar e beneficiar a planta hospedeira (Balota et al., 2010) além das doses de fósforo serem determinantes para a ação benéfica do fungo.

As mudas sem inoculação não foram colonizadas, evidenciando que as parcelas controle não sofreram contaminação, e a colonização micorrízica diminuiu com o aumento das doses de fósforo no substrato (Figura 7). Este é um efeito já observado em outros trabalhos. As plantas bem nutridas conseguem reduzir a atividade de FMA nas raízes, o que resulta em redução da energia gasta na manutenção dos fungos (Smith e Read, 1997). Assim, a taxa de colonização radicular refletiu de maneira direta na resposta das plantas, principalmente para massa seca total das mudas (g) e fósforo acumulado (mg/planta^{-1}).

Figura 6. Colonização micorrízica em raízes de mudas de feijoa cultivadas em casa de vegetação e inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares.

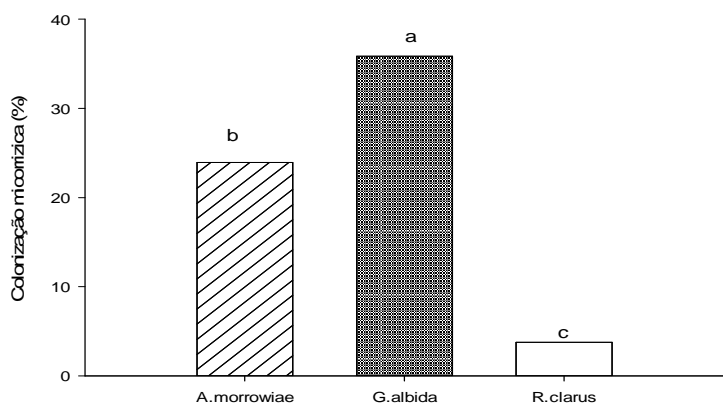
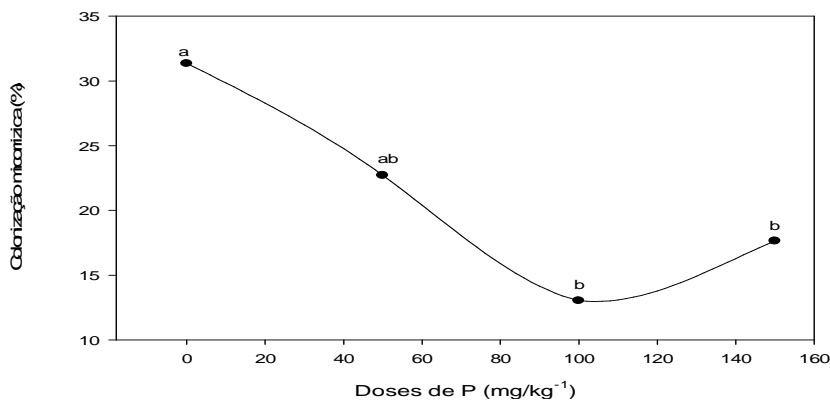


Figura 7. Correlação entre a taxa de colonização micorrízica e doses de fósforo em raízes de feijoa cultivada em casa de vegetação.



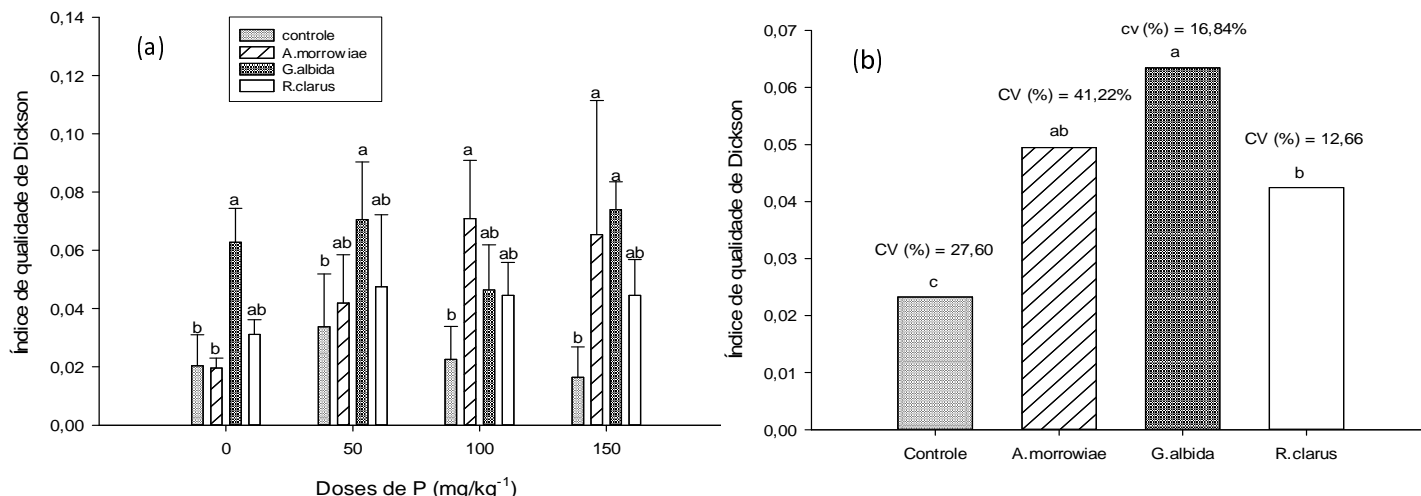
A média de colonização micorrízica encontrada nas mudas sem adição de fósforo (31%) ficou abaixo de resultados obtidos em trabalhos com tema parecido. Por

exemplo, no trabalho de Balota et al (2010) a taxa de colonização variou entre 43% a 71% em raízes de mudas de acerola, e Farias et al (2014) observou taxas entre 45% e 48% em mudas de mirtilo. A moderada taxa de colonização observada pode ser resultado de uma alta concentração de fósforo. Após análise química do substrato, constatou-se o valor de $59,1 \text{ mg dm}^{-3}$ nas amostras com dose zero de P, podendo este ser um fator de inibição da atividade micorrízica, que diminuiu os efeitos da simbiose nas características vegetativas da planta. Ramos e Martins (2010) afirmam que a disponibilidade de fósforo no substrato e a alta absorção pelas plantas pode dificultar a penetração das hifas nas raízes, resultando em baixa colonização. A baixa resposta à inoculação com FMA sob altas doses de P também foi diagnosticada em cafeeiro (Colozzi-Filho & Siqueira., 1986) e outras plantas arbóreas (Saggin Júnior., 1997, Carneiro et al., 1996, Paron et al., 1996, Pereira et al., 1996). Apesar disso, é possível encontrar diferenças nas variáveis avaliadas, como no trabalho de Samarão e Martins (1999), em que mesmo com alto teor de P no substrato, mudas de goiaba inoculadas com FMAs obtiveram boa produção de matéria seca da parte aérea, assim como aumento no acúmulo de fosforo.

As avaliações e resultados obtidos indicam que a feijoa, assim como outras espécies vegetais, pode ser beneficiada pelo uso de combinações entre FMAs e doses de P no substrato, resultando em mudas de maior qualidade. O índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD), que integra atributos morfológicos da planta, estabelece um valor que reflete a qualidade das mudas produzidas. As mudas com maior IQD foram aquelas produzidas com *G. albida* sob doses de fósforo em 50 e 150 ppm, com médias de 0,070 e 0,074 respectivamente (Figura 8a). *A. morrowiae* também demonstrou boa eficiência quando em dose de 100 ppm de fósforo, com média de 0,070.

As plantas inoculadas com FMA apresentaram IQD superior ao controle em todas as doses de P. A Figura 8b ainda mostra que a inoculação com *G. albida*, além de resultar em plantas com maior qualidade, ainda tem uma menor variabilidade nesse índice. Mudas mais homogêneas são desejáveis, visto que um viveirista teria mais facilidade em comercializar lotes de mudas sem grandes diferenças entre si. Assim, pode se afirmar que os FMAs utilizados no experimento foram eficientes em produzir mudas de maior qualidade do que o controle, com um conjunto de plantas mais homogêneas e com poucas discrepâncias.

Figura 8. Índice de qualidade de Dickson de mudas de feijoa inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares e doses de P (a). Índice de qualidade de Dickson e coeficiente de variação (CV%) em mudas de feijoa inoculadas com diferentes fungos micorrízicos arbusculares (b).



Segundo Nascimento et al (2017), em fruticultura é importante a utilização de mudas de qualidade, observando-se, além de fatores fitossanitários, os parâmetros morfológicos que apontem para a boa adaptação no campo após o plantio. Ercher et al (2006) enfatizam que a qualidade da muda interfere diretamente no desenvolvimento das plantas em campo, sendo determinante no sucesso de um empreendimento com espécies frutíferas.

Os resultados do presente trabalho demonstram que o uso de FMAs como inoculante em mudas de feijoa pode ser uma forma viável de reduzir o uso de fertilizantes neste estágio de formação inicial, aumentando a robustez das plantas, promovendo boa produção de MST, principalmente em substratos pobres em P, além de produzir plantas mais homogêneas. Tudo isso se resume a ganhos para o produtor de mudas que além de reduzir seus custos, irá possivelmente produzir mudas com maiores chances de sobrevivência no campo.

Conclusões

Mudas de feijoa respondem à aplicação de fósforo.

G. albida apresenta boa eficiência como inoculante em feijoa, principalmente em produção de biomassa, acúmulo de fósforo na parte aérea, qualidade e homogeneidade das mudas.

A promoção do crescimento vegetal por *G. albida* ficou mais evidente em baixas doses de fósforo.

R. clarus se mostrou pouco eficiente, com as mudas se comportando de forma parecida com as não inoculadas.

Referências

ARNALDO, Oswaldo Machineski; Elcio Liborio Balotai; ANDRADEI, Colozzi Filho Diva Souza; DE SOUZA, José Roberto Pinto. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, 2009.

AUGÉ, Robert M.; TOLER, Heather D.; SAXTON, Arnold M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. **Mycorrhiza**, v. 25, n. 1, p. 13-24, 2015.

BALOTA, Elcio Liborio; MACHINESKI, Oswaldo; COLAUTO STENZEL, Neusa Maria. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, 2011.

BOLAN, N.S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v.134, p.189-207, 1991.

BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C. L.; BAGYARAJ, D. J.. (Ed.) **VA Mycorrhiza**. CRC Press, Boca Raton, 1984. Cap.2, p.5-33.

CARNEIRO, M. A. C., J. O. Siqueira, A. C. Davide, L. J. Gomes, N. Curi & F. R. Vale. 1996. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, 50: 21-36.

CARNEIRO, M. A.C ; SIQUEIRA, José Oswaldo; DAVIDE, Antônio Cláudio. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2007.

CAVALCANTE, U.M.T.; MAIA, L.C.; COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, A.T.; SANTOS, V.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1099-1106, 2002.

CHU, Elizabeth Ying; MÖLLER, Maria de Regina Freire; CARVALHO, Janice Guedes de. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 671-680, 2001.

COLODETE, Carlos M.; DOBBSS, Leonardo B.; RAMOS, Alessandro C. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p. 31-37, 2014

COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.225-232, 2005.

DE MELLO, Andréa Hentz et al. Distribuição de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares para sistemas agroflorestais: Uma alternativa sustentável para a agricultura familiar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DUCROQUET, JPHJ, HICKEL ER, NODARI R.O. Goiabeira-serrana (*Feijoa sellowiana*), FUNEP, Jaboticabal, 2000.

ECHER MM; GUIMARÃES VF; ARANDA AN; BORTOLAZZO ED; BRAGA JS. 2007. Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. **Ciências Agrárias** 28: 45-50.

FARIAS, Daniela da Hora et al. Desenvolvimento de mudas de mirtilheiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. Vol. 36, n. 3 (jul./set. 2014), p. 655-663, 2014.

FARIAS, W.C., OLIVEIRA, L.L.P.; OLIVEIRA, T.A.; DANTAS, L.L.G.R. e SILVA, T.A.G. (2012) - Caracterização física de substratos alternativos para a produção de mudas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, vol. 8, n. 3, p. 1-6.

FOLLI-PEREIRA, Muriel da Silva et al . Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 36, n. 6, p. 1663-1679, Dec. 2012 . Disponível em :<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600001&lng=en&nrm=iso>. acesso em 03 de junho de 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001>.

GONÇALVES, E. de O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. de L. et al. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

GUERRERO, E; RIVILLAS, C., RIVERA E. Perspectiva de manejo de la micorriza arbuscular en agroecosistemas tropicales. En: Guerrero F. Ed. **Micorrizas: Recursos Biológicos del Suelo**. Fondo FEN Colombia. Bogotá, Colombia. 1996. p. 181-206.

INVAM - International culture collection of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. Disponível em: <[http:// invam.caf.wvu.edu](http://invam.caf.wvu.edu)>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

KIERS, E.T. & van der HEIJDEN, G.A. Mutualistic stability in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: exploring hypotheses of evolutionary cooperation. **Ecology**, 87:1627- 1636, 2006.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological research**, v. 92, n. 4, p. 486-488, 1989.

MARTINS, M.A.; GONÇALVES, G.F.; SOARES, A. C.F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1465-1471, 2000.

MCGONIGLE, T. P. et al. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. **New phytologist**, v. 115, n. 3, p. 495-501, 1990.

MIRANDA, J. C. C. Importância da micorriza para a reprodução agrícola, frutífera e florestal. *Ciência e Pesquisa-Artigos Técnicos*, 2005. Disponível em ><http://www.aviculturabrasil.com.br/Cietec/artigosTexto.asp><. Acesso em: 30 de maio de 2017.

MORETTO, Samira Peruchi; NODARI, Eunice Sueli; NODARI, Rubens Onofre. A Introdução e os Usos da Feijoa ou Goiabeira Serrana (*Acca sellowiana*): A perspectiva da história ambiental. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 3, n. 2, p. 67 a 79, 2014.

NACHTIGAL, J. C. et al. Efeito do fósforo no desenvolvimento inicial de mudas de goiabeira serrana. **Sci. Agric., Piracicaba**, v. 51, n. 2, p. 279-283, 1994.

NASCIMENTO, Everaldo Silva et al. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas e biofertilizantes de esterco bovino. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 1-8, 2017.

NASCIMENTO, Sandro Ferreira; DE MELLO HENTZ, Andréa. Produção de frutíferas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Agroecossistemas**, v. 1, n. 1, p. 15-15, 2013

PARON, M. E., J. O. SIQUEIRA, N. Curi & F. R. Vale. 1996. Crescimento da copaíba e guatambú em resposta a fungo micorrízico, superfosfato, nitrogênio e fumigação do solo. **Cerne**, Lavras, 2 (2): 15-30.

PEREIRA, E. G., J. O. SIQUEIRA, N. CURI, F. M. S. MOREIRA & A. A. C. PURCINO. 1996. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 8 (1): 59-65.

PEREIRA, Fernanda Dias; DE MELLO HENTZ, Andréa. Estabelecimento de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de leguminosas nativas arbóreas e frutíferas em diferentes substratos. **Revista Agroecossistemas**, v. 1, n. 1, p. 16-16, 2013.

RAMOS, A.C.; MARTINS, M. A.; OKOROKOV-FAÇANHA, A. L.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOV, L. A; SEPULVEDA, N.; FEIJO, J. A.; FAÇANHA, A. R. Arbuscular mycorrhizal fungi induce differential activation of the plasma membrane and vacuolar H⁺ pumps in maize roots. **Mycorrhiza**, Berlin, n. 02, p. 69-80, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728p.

REDECKER, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S.L., Morton, J.B. & Walker, C. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v. 23, n. 7, p. 515-531, 2013.

SAGGIN Junior, O. J. 1997. Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais. 120 p.

SAGGIN Junior, O.J.; Siqueira, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras: **UFLA: DCS/ DCF**, 1996. p.203-254.

SAMARÃO, S. S.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 2, p. 196-199, 1999.

SCHENCK, N. C. et al. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. **Mycologia**, p. 685-699, 1984.

SCHENCK, N. C.; SMITH, George S. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. **Mycologia**, p. 77-92, 1982.

SCHÜßLER, A., SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution A new phylum, the Glomeromycota:

phylogeny and evolution A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research** **105:1413–1421**, 2001.

SILVA, F. de AS e; AZEVEDO, CAV de. A new version of the Assistat-Statistical Assistance Software. In: **World Congress on computers in agriculture**. Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p. 393-396.

SILVA, M. A.; CAVALCANTE, U. M. T.; SILVA, F. S. B.; SOARES, S. A. G.; MAIA, L. C. Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.18, p.981-985, 2004.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.. B.N. et al. **Microbiologia do solo**. Campinas: SBPC, 1992. p.257-282.

Silveira, A.P.D., Gomes, V.F.F. (2007) Micorrizas em plantas frutíferas tropicais. In: Silveira, A.P.D., Freitas, S.S. (Ed.). **Microbiota do Solo e qualidade Ambiental**, Campinas: Instituto Agrônômico, 57-77 p. (Publicação online).

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 207-211, 1986.

SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. Londres: **Academic Press**, 1997. 605 p.

SOUSA, Natália Mirelly Ferreira de. Tecnologia micorrízica para produção de mudas de espécies florestais com potencial para reflorestamento. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas. Pós-graduação em Biologia de Fungos, 2014.

SOUZA,V.C.de.et al. Estudos sobre fungos micorrizicos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande – PB, v. 10, n.3,p.612-618,2006.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre:UFR